

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-085586

(43)Date of publication of application : 20.03.2003

(51)Int.Cl. G06T 17/40
G03B 21/00
G06T 3/00
G09G 5/36
H04N 5/74

(21)Application number : 2002-117428 (71)Applicant : NAMCO LTD

(22)Date of filing : 19.04.2002 (72)Inventor : KIKUCHI TORU
NAGAHORI MINORU

(30)Priority

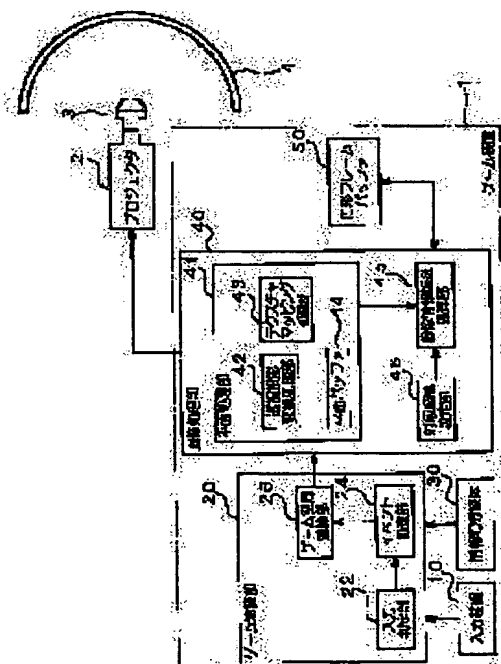
Priority number : 2001194874 Priority date : 27.06.2001 Priority country : JP

(54) IMAGE DISPLAY, IMAGE DISPLAYING METHOD, INFORMATION STORAGE MEDIUM, AND IMAGE DISPLAYING PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image display, an image displaying method, an information storage medium, and an image displaying program, capable of focusing an image with little distortion on a curved-surface screen.

SOLUTION: An image processing section 40 comprises a plane processing section 41 having a perspective projection conversion processing section 42, a texture mapping processing section 43, and a plane buffer 44, an image information transmission processing section 45, and a corresponding coordinate setting section 46. The plane processing section 41 projects an image of a 3D object in a game space on five virtual planes S1 to S5 surrounding a spherical screen 4. The projected image information is stored in the plane buffer 44. Planes S1 to S5 are split into a plurality of sectional areas and the image information transmission processing section 45 transmits the image information for every sectional area from the plane buffer 44 to a circular frame buffer 50.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-85586
(P2003-85586A)

(43)公開日 平成15年3月20日(2003.3.20)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	A 2 K 1 0 3
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	D 5 B 0 5 0
G 0 6 T 3/00	2 0 0	G 0 6 T 3/00	2 0 0 5 B 0 5 7
G 0 9 G 5/36	5 1 0	G 0 9 G 5/36	5 1 0 V 5 C 0 5 8
H 0 4 N 5/74		H 0 4 N 5/74	D 5 C 0 8 2
審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 21 頁)			

(21)出願番号 特願2002-117428(P2002-117428)

(22) 出願日 平成14年4月19日(2002.4.19)

(31)優先權主張番号 特願2001-194874(P2001-194874)

(32)優先日 平成13年6月27日(2001.6.27)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000134855

株式会社ナムコ

東京都大田区多摩川2丁目8番5号

(72) 発明者 菊池 徹

東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式会社ナムコ内

(72)発明者 永堀 稔

東京都大田区多摩川2丁目8番5号 株式会社ナムコ内

(74) 代理人 100103171

弁理士 雨貝 正彦

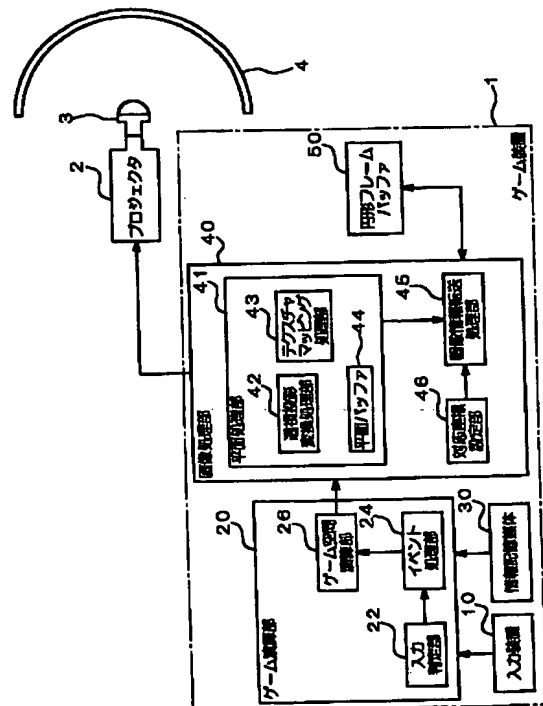
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置、画像表示方法、情報記憶媒体および画像表示プログラム

(57) 【要約】

【課題】 曲面スクリーンに歪みの少ない画像を投影することができる画像表示装置、画像表示方法、情報記憶媒体および画像表示プログラムを提供すること。

【解決手段】 画像処理部４０は、透視投影変換処理部４２、テクスチャマッピング処理部４３、平面バッファ４４を有する平面処理部４１と、画像情報転送処理部４５および対応座標設定部４６を備えている。平面処理部４１は、球面スクリーン４を囲む５つの仮想的な平面Ｓ１～Ｓ５にゲーム空間内の三次元オブジェクトの画像を投影する。投影された画像情報は平面バッファ４４に格納される。平面Ｓ１～Ｓ５は複数の区分領域に分割されており、画像情報転送処理部４５は、平面バッファ４４から円形フレームバッファ５０に区分領域毎に画像情報を転送する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想的な三次元空間に配置された三次元オブジェクトの画像を広角レンズを通して曲面スクリーンに投影する画像表示装置であって、
前記曲面スクリーン上に投影すべき位置と画像情報の格納位置とが対応したフレームバッファと、
前記フレームバッファに格納された前記画像情報に対応する画像を前記広角レンズに向けて照射する投影装置と、

前記三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換し、それぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する平面処理手段と、
前記仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に前記平面バッファから画像情報を読み出して、前記フレームバッファの対応領域に格納する画像情報転送処理手段と、
を備えることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、
前記広角レンズは魚眼レンズであることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において、
前記区分領域は多角形状を有しており、この多角形の各頂点について、前記平面バッファの第 1 の格納座標と前記フレームバッファの第 2 の格納座標との対応付けを行う対応座標設定手段をさらに備え、
前記画像情報転送処理手段は、前記平面バッファから複数の前記第 1 の格納座標で特定される前記区分領域の前記画像情報を読み出し、これら複数の前記第 1 の格納座標のそれぞれに対応する複数の前記第 2 の格納座標で特定される前記フレームバッファの所定領域に前記画像情報を格納することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、
前記対応座標設定手段は、前記第 1 の格納座標と前記第 2 の格納座標との対応を示す対応情報を保持しており、
前記画像情報転送処理手段は、前記対応座標設定手段に保持された前記対応情報に基づいて前記画像情報の読み出しおよび格納を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれかにおいて、
前記仮想的な複数の平面の数は 5 であることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 6】 請求項 1～4 のいずれかにおいて、
前記仮想的な複数の平面の数は 3 または 4 であることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】 請求項 1～4 のいずれかにおいて、
前記仮想的な複数の平面の数は 2 であることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれかにおいて、
所定の視点位置と前記広角レンズに対応する投影位置を異ならせることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記投影位置が前記曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、

前記画像情報転送処理手段は、前記投影位置と前記曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、前記フレームバッファに格納する前記画像情報について明るさ補正を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 10】 請求項 1～9 のいずれかにおいて、
所定の間隔毎に前記三次元オブジェクトの前記仮想的な三次元空間内の位置情報を計算するオブジェクト計算手段をさらに備え、

前記フレームバッファに対する前記画像情報の格納処理を前記間隔で繰り返すことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 11】 三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換し、それぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する第 1 のステップと、
前記仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に前記平面バッファから画像情報を読み出して、曲面スクリーン上の投影すべき位置に対応する画像情報を格納するフレームバッファの対応領域に格納する第 2 のステップと、

前記フレームバッファに格納された画像情報を読み出して、広角レンズを通して前記曲面スクリーン上に投影する第 3 のステップと、
を有することを特徴とする画像表示方法。

【請求項 12】 請求項 11 において、
前記区分領域は多角形状を有しており、この多角形の各頂点について、前記平面バッファの第 1 の格納座標と前記フレームバッファの第 2 の格納座標との対応付けがなされており、

前記第 2 のステップにおいて、前記平面バッファから複数の前記第 1 の格納座標で特定される前記区分領域の前記画像情報を読み出し、これら複数の前記第 1 の格納座標のそれぞれに対応する複数の前記第 2 の格納座標で特定される前記フレームバッファの所定領域に前記画像情報を格納することを特徴とする画像表示方法。

【請求項 13】 請求項 12 において、
所定の視点位置と前記広角レンズの位置に対応する投影位置とを考慮して、前記平面バッファの第 1 の格納座標と前記フレームバッファの第 2 の格納座標との対応付けがなされていることを特徴とする画像表示方法。

【請求項 14】 請求項 13 において、
前記投影位置が前記曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、前記投影位置と前記曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、前記フレームバッファに格納する前記画像情報の明るさ補正を行う第 4 のステップを、前記第 3 のステップの前に挿入することを特徴とする画像表示方法。

【請求項 15】 三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換し、それぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する第 1 のステップと、

3

前記仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に前記平面バッファから画像情報を読み出して、曲面スクリーン上の投影すべき位置に対応する画像情報を格納するフレームバッファの対応領域に格納する第2のステップと、
前記フレームバッファに格納された画像情報を読み出して、広角レンズを通して前記曲面スクリーン上に投影する第3のステップと、
を実行するプログラムを含むことを特徴とする情報記憶媒体。

【請求項16】 請求項15において、
前記区分領域は多角形状を有しており、この多角形の各頂点について、前記平面バッファの第1の格納座標と前記フレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされており、
前記第2のステップにおいて、前記平面バッファから複数の前記第1の格納座標で特定される前記区分領域の前記画像情報を読み出し、これら複数の前記第1の格納座標のそれぞれに対応する複数の前記第2の格納座標で特定される前記フレームバッファの所定領域に前記画像情報を格納することを特徴とする情報記憶媒体。

【請求項17】 請求項16において、
所定の視点位置と前記広角レンズの位置に対応する投影位置とを考慮して、前記平面バッファの第1の格納座標と前記フレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされていることを特徴とする情報記憶媒体。

【請求項18】 請求項17において、
前記投影位置が前記曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、前記投影位置と前記曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、前記フレームバッファに格納する前記画像情報の明るさ補正を行う第4のステップを、前記第3のステップの前に挿入して実行することを特徴とする情報記憶媒体。

【請求項19】 仮想的な三次元空間に配置された三次元オブジェクトの画像を広角レンズを通して曲面スクリーンに投影するためにコンピュータに、
前記三次元オブジェクトを前記仮想的な複数の平面に透視投影変換し、それぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する第1のステップと、
前記仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に前記平面バッファから画像情報を読み出して、前記曲面スクリーン上の投影すべき位置に対応する画像情報を格納するフレームバッファの対応領域に格納する第2のステップと、
前記フレームバッファに格納された画像情報を読み出して、前記広角レンズを通して前記曲面スクリーン上に投影する第3のステップと、
を実行させるための画像表示プログラム。

【請求項20】 請求項19において、
前記区分領域は多角形状を有しており、この多角形の

4

各頂点について、前記平面バッファの第1の格納座標と前記フレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされており、

前記第2のステップにおいて、前記平面バッファから複数の前記第1の格納座標で特定される前記区分領域の前記画像情報を読み出し、これら複数の前記第1の格納座標のそれぞれに対応する複数の前記第2の格納座標で特定される前記フレームバッファの所定領域に前記画像情報を格納するための画像表示プログラム。

10 【請求項21】 請求項20において、
所定の視点位置と前記広角レンズの位置に対応する投影位置とを考慮して、前記平面バッファの第1の格納座標と前記フレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされている画像表示プログラム。

【請求項22】 請求項21において、
前記投影位置が前記曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、前記投影位置と前記曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、前記フレームバッファに格納する前記画像情報の明るさ補正
20 を行う第4のステップを、前記第3のステップの前に実行させるための画像表示プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、広角レンズを通して曲面スクリーンに画像を投影する画像表示装置、画像表示方法、情報記憶媒体および画像表示プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、非平面スクリーン上に画像を
30 投影する画像表示装置が知られている。例えば、特開平9-81785号公報や特開平3-82493号公報には、非平面スクリーンに画像を投影するとともに、投影した画像の歪みを補正する各種の画像表示装置が開示されている。平面スクリーンに投影するために作成した画像を、そのまま非平面スクリーンに投影すると歪んだ画像が表示される。このため、上述した画像表示装置では、表示の際に歪むことを考慮して、歪んだ結果正常な表示内容となるようにあらかじめ反対方向に歪んだ画像を生成することにより、非平面スクリーン上の表示の歪
40 みを補正している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述した従来の画像表示装置では、非平面スクリーンに投影することにより凸形状に歪む場合には、あらかじめ凹形状に歪んだ画像を生成しておいて、結果的に非平面スクリーン上の歪みを補正している。ところが、三次元空間内に配置された三次元オブジェクトを非平面スクリーンに表示するような場合は、十分に歪みを補正することができないという問題があった。例えば、画像の投影位置と視点
50 位置が異なる場合には、三次元オブジェクトの遠近の程

度によって、生成画像に与える歪みの程度が異なるため、生成画像を単純に歪ませただけでは、投影後の画像の歪みを取り除くことはできない。特に、二次元画像の歪み補正と三次元画像の歪み補正とは本質的に相違すると考えられるが、上述した公報に開示された画像表示装置では、単に二次元画像の歪み補正の手法について開示しているだけであり、これらの手法を用いただけでは三次元オブジェクトをスクリーン上に投影することによって得られる画像の歪みを十分に除去することができない。

【0004】本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、曲面スクリーンに歪みの少ない画像を投影することができる画像表示装置、画像表示方法、情報記憶媒体および画像表示プログラムを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明の画像表示装置は、仮想的な三次元空間に配置された三次元オブジェクトの画像を広角レンズを通して曲面スクリーンに投影するために、フレームバッファ、投影装置、平面処理手段、画像情報転送処理手段を備えている。フレームバッファは、曲面スクリーン上に投影すべき位置と画像情報の格納位置とが対応している。投影装置は、フレームバッファに格納された画像情報に対応する画像を広角レンズに向けて照射する。平面処理手段は、三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換し、それぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する。画像情報転送処理手段は、仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に平面バッファから画像情報を読み出して、フレームバッファの対応領域に格納する。三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換して画像情報を平面バッファに格納した後に、この画像情報を区分領域毎にフレームバッファに転送しており、仮想的な平面と曲面スクリーンとの間の固定化された位置関係を考慮して、歪みがなくなるようにフレームバッファに画像情報を格納して歪み補正を行うことが可能になり、曲面スクリーンに歪みの少ない画像を投影することができる。また、区分領域の頂点によって指定された内部の領域について線形補間を行う場合には、テクスチャマッピングの処理を行うハードウェアの機能を使用することなどから、処理時間（転送時間）の短縮とコストの削減等が可能となる。なお、線形補間を行うことにより、転送先の位置に誤差が生じるが、区分領域を充分小さく設定することにより、この誤差は無視できる程度に低減することが可能になる。

【0006】また、上述した広角レンズは魚眼レンズであることが望ましい。魚眼レンズを用いることにより、ほぼ180°の投影角度を実現することができるため、このようにして投影される画像を曲面スクリーンに表示

することにより、歪みの少ない臨場感のある画像を投影することができる。

【0007】また、上述した区分領域は多角形状を有しており、この多角形の各頂点について、平面バッファの第1の格納座標とフレームバッファの第2の格納座標との対応付けを行う対応座標設定手段をさらに備えるとともに、上述した画像情報転送処理手段によって、平面バッファから複数の第1の格納座標で特定される区分領域の画像情報を読み出し、これら複数の第1の格納座標のそれぞれに対応する複数の第2の格納座標で特定されるフレームバッファの所定領域に画像情報を格納することが望ましい。区分領域の頂点によって指定された多角形の内部の領域について線形補間を行う場合には、テクスチャマッピングの処理を行うハードウェアの機能を使用することなどから、処理時間の短縮が可能となる。

【0008】また、上述した対応座標設定手段によって、第1の格納座標と第2の格納座標との対応を示す対応情報を保持するとともに、画像情報転送処理手段によって、この対応情報に基づいて画像情報の読み出しおよび格納を行うことが望ましい。計算等によって一度対応情報を取得して保持した後は、この対応情報の計算が不要であるため、それ以後の処理の負担をさらに軽減することができる。

【0009】また、上述した仮想的な複数の平面の数は5であることが望ましい。これにより、仮想的な三次元空間を所定の視点位置から見た場合に視点の前方の全周囲を確実にこれらの平面でカバーすることが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報をフレームバッファに確実に格納することができる。

【0010】また、上述した仮想的な複数の平面の数は3または4であることが望ましい。これらの平面の形状や配置を工夫することにより、仮想的な複数の平面の数を5より少ない3または4とした場合であっても、仮想的な三次元空間内の所定の視点位置の周囲を確実にこれらの平面で覆うことが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報をフレームバッファに確実に格納することができる。特に、仮想的な複数の平面の数を5よりも少なくすることにより、平面処理手段による透視投影変換の対象となる平面数を減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間の短縮が可能になる。

【0011】また、上述した仮想的な複数の平面の数を2にしてもよい。視界に入りにくい部分が曲面スクリーンの一部に存在する場合や、何らかの都合により曲面スクリーンの一部に画像を投影しなくてもよい場合（例えば曲面スクリーンに投影された画像を見る人の足下スペースを確保するために一部を切り欠いた曲面スクリーンを用いる場合）などには、仮想的な複数の平面の数を2とした場合であっても、実質的に投影が必要な部分に対

応する画像情報の処理を行うことが可能となる。特に、仮想的な複数の平面の数を2とすることにより、平面処理手段による透視投影変換の対象となる平面数をさらに減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間の大幅な短縮が可能になる。

【0012】また、所定の視点位置と広角レンズに対応する投影位置を異ならせることが望ましい。実際に、投影位置から曲面スクリーン上の画像を見ることはできない。したがって、視点位置と投影位置が異なることを前提にして歪み補正を行うことにより、実情に即した条件で歪みの少ない画像を投影することができる。

【0013】また、投影位置が曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、上述した画像情報転送処理手段は、投影位置と曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、フレームバッファに格納する画像情報について明るさ補正を行うことが望ましい。投影位置が中心位置からずれていると、明るさが均一な画像を投影した場合であっても、投影された画像の明るさに偏りが生じる。したがって、距離を考慮して明るさ補正を行うことにより、明るさの偏りをなくしてほぼ均一な明るさの画像を得ることができる。

【0014】また、所定の間隔毎に三次元オブジェクトの仮想的な三次元空間内の位置情報を計算するオブジェクト計算手段をさらに備えとともに、フレームバッファに対する画像情報の格納処理を所定の間隔で繰り返すことが望ましい。三次元オブジェクトが動いたり、三次元オブジェクトが仮想的な三次元空間内を移動する場合に、所定の間隔で三次元オブジェクトの座標が計算され、その都度歪みのない画像が生成されるため、三次元オブジェクトを用いたゲームやプレゼンテーション等において歪みのない動画像を曲面スクリーンに投影することができる。

【0015】また、本発明の画像表示方法は、三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換してそれぞれの平面に対応する画像情報を平面バッファに格納する第1のステップと、仮想的な複数の平面のそれぞれを構成する複数の区分領域毎に平面バッファから画像情報を読み出してフレームバッファの対応領域に格納する第2のステップと、フレームバッファに格納された画像情報を読み出して、広角レンズを通して曲面スクリーン上に投影する第3のステップとを有している。

【0016】また、本発明の情報記憶媒体は、これら第1のステップ～第3のステップを実行するプログラムを含んでいる。また、本発明の画像表示プログラムは、仮想的な三次元空間に配置された三次元オブジェクトの画像を広角レンズを通して曲面スクリーンに投影するためにコンピュータに、これら第1のステップ～第3のステップを実行させるためのものである。

【0017】本発明の画像表示方法を実行することにより、あるいは本発明の情報記憶媒体に格納されたプロ

ラムや、本発明の画像表示プログラムを実行することにより、曲面スクリーンに歪みの少ない画像を投影することができる。また、上述した区分領域は多角形状を有しており、この多角形の各頂点について、平面バッファの第1の格納座標とフレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされている場合に、第2のステップにおいて、平面バッファから複数の第1の格納座標で特定される区分領域の画像情報を読み出し、これら複数の第1の格納座標のそれぞれに対応する複数の第2の格納座標で特定されるフレームバッファの所定領域に画像情報を格納することが望ましい。区分領域の頂点によって指定された多角形の内部の領域について線形補間を行う場合には、テクスチャマッピングの処理を行うハードウェアの機能を使用することができることなどから、処理時間の短縮が可能となる。

【0018】また、所定の視点位置と広角レンズの位置に対応する投影位置とを考慮して、平面バッファの第1の格納座標とフレームバッファの第2の格納座標との対応付けがなされていることが望ましい。平面バッファの第1の格納座標とフレームバッファの第2の格納座標との対応付けが、視点位置と投影位置の両方を考慮して行われるため、さらに歪みの少ない画像を投影することができる。

【0019】また、投影位置が曲面スクリーンの中心位置からずらして設定されている場合に、投影位置と曲面スクリーン上に投影すべき位置との距離を考慮して、フレームバッファに格納する画像情報の明るさ補正を行う第4のステップを第3のステップの前に挿入することが望ましい。距離を考慮して明るさ補正を行うことにより、明るさの偏りをなくしてほぼ均一な明るさの画像を得ることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した一実施形態のゲームシステムについて、図面を参照しながら説明する。図1は、本実施形態のゲームシステムの構成を示す図である。同図に示すゲームシステムは、ゲーム装置1、プロジェクタ2、レンズ3、球面スクリーン4を含んで構成されている。

【0021】ゲーム装置1は、プレーヤによる操作に対応して各種のゲーム演算を行うとともに、ゲーム進行に応じたゲーム画像を表示するための画像情報を生成する。プロジェクタ2は、ゲーム装置1によって生成された画像情報に基づいて、球面スクリーン4にゲーム画像を照射する。レンズ3は、プロジェクタ2から照射されたゲーム画像を球面スクリーン4に投影する。本実施形態では、このレンズ3として広角レンズ、さらに具体的には投影角がほぼ180°の魚眼レンズが用いられている。球面スクリーン4は、曲面スクリーンの一種であり、半球状の投影面を有しており、プロジェクタ2から照射されてレンズ3を通したゲーム画像が内側に投影さ

10

20

30

40

50

れる。

【0022】次に、ゲーム装置1の詳細構成について説明する。図1に示すゲーム装置1は、入力装置10、ゲーム演算部20、情報記憶媒体30、画像処理部40、円形フレームバッファ50を含んで構成されている。入力装置10は、プレーヤがゲーム装置1に対して各種の指示を入力するためのものであり、ゲーム装置1において行われるゲームの種類に応じた各種操作キー、操作レバー等を含んで構成されている。例えば、ドライブゲームを行うために設けられた入力装置10には、ハンドル、アクセル、ブレーキ、変速レバー等が備わっている。

【0023】ゲーム演算部20は、ゲームの進行に必要な所定のゲーム演算を行うものである。このゲーム演算部20は、入力判定部22、イベント処理部24、ゲーム空間演算部26を含んで構成されている。このゲーム演算部20は、CPUやROM、RAM等の半導体メモリを用いて所定のゲームプログラムを実行することにより実現される。

【0024】入力判定部22は、入力装置10に備わったハンドル、アクセル、ブレーキ等の操作状態を判定し、操作状態に応じた信号をイベント処理部24に出力する。イベント処理部24は、各種イベントの発生や、ゲームの進行状況に対応した分岐判断等、ゲーム進行に必要な処理を行う。ゲーム空間演算部26は、仮想的な三次元空間であるゲーム空間内に存在する各種の三次元オブジェクトの位置情報の計算を行う。本実施形態における三次元オブジェクトのそれぞれは複数のポリゴンによって構成されており、ゲーム空間演算部26は、三次元オブジェクトを構成する各ポリゴンの頂点座標を計算する。

【0025】情報記憶媒体30は、コンピュータとしての機能を有するゲーム装置1を動作させるためのプログラムやデータを格納するためのものである。具体的には、情報記憶媒体30は、ゲーム演算部20によって実行されるゲームプログラムやゲーム画像の表示に必要なデータ（テクスチャマッピング用のテクスチャデータ等）や画像表示プログラムを格納する。この情報記憶媒体30は、CD-ROM、DVD-ROM、ハードディスク装置、半導体メモリ等によって実現される。

【0026】画像処理部40は、ゲーム演算部20内のゲーム空間演算部26によって計算された各ポリゴンの頂点座標が入力されており、球面スクリーン4上に画像を表示するために、円形フレームバッファ50に画像情報を格納する処理を行う。この画像処理部40は、平面処理部41、画像情報転送処理部45、対応座標設定部46を備えている。平面処理部41は、球面スクリーン4に外接する複数枚の仮想的な平面に、ゲーム空間内に配置された三次元オブジェクトの画像を投影する。画像情報転送処理部45は、平面処理部41によって仮想的

な平面に投影された二次元画像を読み出して、円形フレームバッファ50に格納する画像情報の転送処理を行う。また、対応座標設定部46は、この転送処理に必要な座標の関連付けを行う。

【0027】この画像処理部40は、専用のグラフィック用LSIやDSP等を用いて実現されるが、ゲーム演算部20を実現するCPUの性能が高い場合であって処理能力に余裕がある場合には、このCPUに画像処理部40の処理を行わせてもよい。

10 【0028】図2は、平面処理部41による投影処理に用いられる仮想的な平面を示す図である。同図に示すように、本実施形態では、半球状の球面スクリーン4に外接する5つの平面S1、S2、S3、S4、S5を考えるものとする。これら5つの平面S1～S5は、球面スクリーン4を含む球に外接する直方体を半分に切断した場合の各面に対応しており、隣接するもの同士が互いに直角に交わっている。

【0029】平面処理部41は、透視投影変換処理部42、テクスチャマッピング処理部43、平面バッファ44を含んで構成されている。透視投影変換処理部42は、球面スクリーン4の球心位置を仮想的な視点位置に設定して、ゲーム空間内に配置された各種の三次元オブジェクトを上述した5つの平面S1～S5を仮想スクリーンとして、それぞれに投影する透視投影変換処理を行う。本実施形態では、三次元オブジェクトのそれぞれが一あるいは複数のポリゴンによって構成されており、この透視投影変換処理によって、ゲーム空間内に配置された各ポリゴンの頂点座標を、平面S1～S5のそれぞれに投影する座標変換処理が行われる。

30 【0030】図3および図4は、透視投影変換の具体例を示す図である。正方形の平面S1に対する透視投影変換は、図3に示すように、ゲーム空間内に配置された三次元オブジェクト100を平面S1上に投影することにより行われる。また、それ以外の平面S2～S5に対する透視投影変換は、図4に示すように、平面S1に対する処理と同様に正方形の平面に対する上半分のみ透視投影変換したものを使用すればよい。

40 【0031】テクスチャマッピング処理部43は、透視投影変換によって平面S1～S5上の頂点位置が算出された各ポリゴンに対して、その内部をテクスチャデータで貼り付ける処理（テクスチャマッピング処理）を行う。このようにして、平面S1～S5のそれぞれに三次元オブジェクトを投影した処理が行われ、得られた二次元の画像情報が平面バッファ44に格納される。このようにして、平面S1～S5には、視点を囲むゲーム空間の映像が生成される。

50 【0032】なお、上述した透視投影変換処理およびテクスチャマッピング処理は、従来から行われているものと内容が同じであるため、三次元画像処理用に開発、販売等がなされている既存のハードウェアやソフトウェア

をそのまま利用することができる。

【0033】画像情報転送処理部45は、図2に示した5つの平面S1～S5のそれぞれに対応して得られた二次元の画像情報を、テクスチャマッピングの手法を用いて円形フレームバッファ50の対応領域に転送する処理を行う。図5～図7には、画像情報転送処理部45によって行われるテクスチャマッピング処理の概要が示されている。図5は、仮想的な5つの平面S1～S5のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例を示す図である。本実施形態では、この区分領域についてポリゴンと同じような処理（例えばテクスチャマッピング等）が行われる。

【0034】また、図6は平面バッファ44に格納された画像情報と、各平面を構成する区分領域との対応関係を示す図である。図7は、円形フレームバッファ50内における各区分領域との対応関係を示す図である。なお、この区分領域は、実際の処理上では、三次元オブジェクトを構成するポリゴンと同様に扱われる。例えば、本実施形態では、この区分領域を対象に、テクスチャマッピングと同等の処理が行われる。なお、これらの図は図5の形状をz軸の正の方向（図5では上側）から原点に向かって見た場合に対応している。

【0035】図5に示すように、例えば平面S3が「1」～「16」の符号が付加された16個の区分領域によって構成されているものとする。この場合に、平面S3に対応する平面バッファ44の格納領域には、上述した透視投影変換処理部42およびテクスチャマッピング処理部43によって生成された画像情報が格納されている。また、この画像情報は平面S3が分割されているポリゴンと同じく、図6に示すように、「1」～「16」の符号が付加された16個の区分領域に分割されている。これは、テクスチャマッピングの手法と考えると理解しやすい。平面S3に対応する平面バッファ33の格納領域に格納されている画像情報をテクスチャデータとすると、平面S3を分割する区分領域の各頂点と、この平面S3に対応する平面バッファ44の格納領域を分割しているテクスチャ座標が対応している。

【0036】ところで、仮想空間上のある頂点は、円形フレームバッファ50上のある座標値に変換される。このことから、上述した平面S1～S5のそれぞれを分割する区分領域は、円形フレームバッファ50上のある区分領域に変換される。この値は、対応座標設定部46によって設定されるが、この値を使用して図5に示す平面S3上の「1」～「16」の符号が付加された16個の区分領域は、図7に示す「1」～「16」の符号が付加された16個の区分領域に変換される。なお、他の平面についても同様に換される。この際、先ほど指定したテクスチャ座標によって円形フレームバッファ50上に変換された区分領域の内部を埋めるように画像情報の転送が行われ、図7に示すように円形フレームバッファ50

0全体に対する画像情報の書き込みが行われる。

【0037】なお、図6に示した例では、理解しやすいように、各平面S1～S5を展開した状態に対応させて画像情報を平面バッファ44に格納する場合を示したが、平面バッファ44の格納場所は任意であり、物理的に2以上のメモリ等を用いて構成した平面バッファ44に画像情報を分散して格納するようにしてもよい。

【0038】対応座標設定部46は、図5に示した各区分領域の頂点座標に基づいて、それぞれに対応する円形フレームバッファ50上の格納座標を設定する。設定方法としては、いろいろなケースが考えられる。例えば、画像情報転送処理部45によって画像情報の転送処理（テクスチャマッピング処理）を行う毎に、対応する格納座標を計算するようにしてもよいが、図5に示した各平面S1～S5を構成する区分領域の個数および形状が固定であることを考慮すると、区分領域の各頂点に対応する円形フレームバッファ50の格納座標を予め計算し、その結果を保持しておくことが望ましい。格納座標の計算の具体例については後述する。

【0039】上述したプロジェクタ2が投影装置に、平面処理部41が平面処理手段に、画像情報転送処理部45が画像情報転送処理手段に、対応座標設定部46が対応座標設定手段に、ゲーム空間演算部26がオブジェクト計算手段にそれぞれ対応している。

【0040】本実施形態のゲームシステムはこのような構成を有しており、次にその動作について説明する。図8は、本実施形態のゲームシステムの動作手順の概要を示す流れ図であり、ゲーム全体の流れが示されている。なお、図8に示す一連の処理は、所定の表示間隔に対応した周期（例えば、1/60秒）で繰り返して行われる。

【0041】入力装置10が操作されてプレーヤによってゲームの開始指示がなされると、ゲーム演算部20は、情報記憶媒体30から読み出したゲームプログラムに基づいて所定のゲーム演算を開始する。具体的には、ゲーム演算部20内の入力判定部22は、入力装置10から出力される信号に基づいて、プレーヤによって行われた操作の内容に応じた信号を出力する所定の入力判定処理を行う（ステップ100）。

【0042】次に、イベント処理部24は、入力判定部22から出力される信号に対応して、ゲーム進行に必要な各種のイベントを発生する処理（イベント発生処理）を行う（ステップ101）。また、ゲーム空間演算部26は、イベント処理部24によって行われるイベント発生処理に対応して、ゲーム空間内に存在する各種の三次元オブジェクトの座標計算を行う（ステップ102）。この座標計算によって、三次元オブジェクトを構成する複数のポリゴンの各頂点座標が計算される。

【0043】このようにしてゲーム空間演算部26によって各三次元オブジェクトの座標計算が行われて三次元

オブジェクトの位置情報が取得されると、画像処理部 40 内の平面処理部 41 は、所定の視点位置を基準にした透視投影変換を行って、仮想的な 5 つの平面 S1～S5 のそれぞれに対応する画像情報を平面バッファ 44 に格納する（ステップ 103）。具体的には、透視投影変換処理部 42 によってゲーム空間内の三次元オブジェクトを構成する各ポリゴンの頂点座標が計算され、テクスチャマッピング処理部 43 によってポリゴン内部の画像情報が求められ、この画像情報が平面バッファ 44 に格納される。

【0044】次に、画像情報転送処理部 45 は、平面 S1～S5 を構成する複数の区分領域のそれぞれについて、対応する画像情報を平面バッファ 44 から読み出し、円形フレームバッファ 50 の対応領域に格納する画像情報の転送処理を行う（ステップ 104）。上述したように、各区分領域毎に円形フレームバッファ 50 に画像情報を格納する処理は、従来から行われているテクスチャマッピング処理と同じ要領で行われる。また、平面 S1～S5 を構成する各区分領域の形状や位置は固定であるため、各頂点に対応する円形フレームバッファ 50 の格納座標を計算する処理は、毎回行う必要はなく、予め計算された結果を読み出して使用することができる。

【0045】円形フレームバッファ 50 に対して書き込まれた画像情報が所定の走査順に読み出されてプロジェクタ 2 に送出される。プロジェクタ 2 は、この画像情報に基づいて画像を形成し、レンズ 3 を通して球面スクリーン 4 に投影する（ステップ 105）。

【0046】このようにして所定の繰り返し周期で新しい内容のゲーム画像が生成されて球面スクリーン 4 上に投影される。なお、上述した動作説明では、表示間隔に対応した周期で図 8 に示した一連の処理を行って描画処理を行うようにしたが、必ずしも表示間隔と描画処理の繰り返し間隔は一致させなくてもよい。また、それ以外にも、描画処理が表示タイミングに間に合えば毎回の表示タイミングに同期して描画処理を行い、間に合わなければ同じ内容の画面表示を行うようにした場合には、表示タイミングと描画タイミングが一致しないこともある。

【0047】次に、上述した対応座標設定部 46 において、区分領域の頂点に対応する円形フレームバッファ 50 の格納座標を設定する処理の詳細について説明する。

$$x_d = \frac{x_p \times r}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}$$

$$y_d = \frac{y_p \times r}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}$$

$$z_d = \frac{z_p \times r}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}$$

【0053】また、図 10 において、原点 o と点 P_d を

図 9 は、円形フレームバッファ 50 の描画範囲を示す図である。本実施形態のプロジェクタ 2 は、画像の投影範囲が横長（例えば縦横比が 3 : 4）の長方形を有しており、その中の一部の領域が球面スクリーン 4 に投影する画像に対応した描画領域として使用される。なお、この図は後述する図 10 の投影面 S を z 軸の正の方向（図 10 では上側）から原点に向かって見た場合に対応している。

【0048】図 9 において、矩形領域 200 がプロジェクタ 2 の投影範囲に対応している。また、円形領域 210 がレンズ 3 を通して球面スクリーン 4 に実際に投影される範囲に対応している。したがって、本実施形態では、円形フレームバッファ 50 の座標の中で円形領域 210 の内部に含まれる範囲についてののみ画像情報の書き込みが行われる。

【0049】図 9 に示すように、水平方向に X 軸、垂直方向に Y 軸をとる。円形領域 210 の中心（円心）を原点 O、円形領域 210 の半径を R とする。円形フレームバッファ 50 内の任意の点 F（X，Y）に格納された画像情報は、球面スクリーン 4 上における点 P_d に投影される。

【0050】（1）視点位置、投影位置とともに球面スクリーン 4 の球心位置に設定する場合

図 10 は、座標変換処理の概要を示す図である。同図に示すように、球面スクリーン 4 に対応する半球状の投影面を S とし、この投影面 S の球心を原点 o に設定する。また、この原点 o から投影面 S の面心に向かって z 軸を定義し、この z 軸に垂直に x 軸と y 軸を定義する。さらに、この例では、プレーヤの視点位置 P_o と投影位置

（レンズ 3 の位置）P_r が原点 o に一致しているものとする。

【0051】三次元空間であるゲーム空間内の任意の点 P_p（x_p，y_p，z_p）を円形フレームバッファ 50 上の点 F（X，Y）へ写像することを考える。図 10 において、ゲーム空間内の点 P_p（x_p，y_p，z_p）を原点 o から見たときに、この点 P_p と原点 o とを結ぶ直線と投影面 S との交点を P_d（x_d，y_d，z_d）とする。投影面 S に対応する半球の半径を r とすると、x_d，y_d，z_d は、それぞれ以下の式により表される。

【0052】

【数 1】

$$\dots(1)$$

$$\dots(2)$$

$$\dots(3)$$

50 結ぶ直線と z 軸とのなす角度を θ とすると、この角度 θ

は、次式により表される。

【0054】

【数2】

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{z_d}{r}\right)$$

【0055】本実施形態で使用したレンズ3は、図9に示す点F(X, Y)を投影面Sに投影する場合に、原点Oから点Fまでの距離Lが、図10に示す角度θに比例する特性を有している。したがって、θ=0の時にL=0、θ=π/2の時にL=Rになり、その間の任意の角度θに対応する距離Lは次式で表すことができる。

【0056】 $L = \theta / (\pi / 2) \times R$

また、図9において、円形フレームバッファ50上の原点Oと点F(X, Y)とを結ぶ直線とX軸とのなす角度をΦとする。図10において、点Pd(xd, yd, zd)のxy平面への写像点Pd'(xd, yd, 0)と原点O

$$X = L \times \cos \Phi$$

$$= \frac{\theta}{\pi/2} \times R \times \cos \Phi$$

$$= \frac{2R}{\pi} \times \cos^{-1}\left(\frac{z_d}{r}\right) \times \frac{x_d}{\sqrt{x_d^2 + y_d^2}}$$

$$Y = L \times \sin \Phi$$

$$= \frac{\theta}{\pi/2} \times R \times \sin \Phi$$

$$= \frac{2R}{\pi} \times \cos^{-1}\left(\frac{z_d}{r}\right) \times \frac{y_d}{\sqrt{x_d^2 + y_d^2}}$$

【0060】したがって、ゲーム空間内に配置された3次元オブジェクトを構成する各ポリゴンの頂点Pp(xp, yp, zp)がわかっているときに、対応する円形フレームバッファ50上の格納位置を計算するために、対応座標設定部46は、まず、頂点Pp(xp, yp, zp)の座標値を上述した(1)~(3)式に代入することにより、投影面S上の点Pd(xd, yd, zd)の座標を計算する。その後、対応座標設定部46は、この計算によって得られた点Pd(xd, yd, zd)の座標値を上述した(4)式および(5)式に代入して、円形フレームバッファ50上の点F(X, Y)を計算する。

【0061】このようにして平面S1~S5のそれぞれを構成する複数の区分領域の各頂点(Pp)に対応する円形フレームバッファ50上の格納座標が取得される。特に、このようにして行われる座標の計算は、視点位置や投影位置を考慮して正確に行われているため、視点位置から見たときに理論上歪みのない正確なゲーム画像を球面スクリーン4上に投影するために必要な円形フレームバッファ50上の格納座標を得ることができる。

【0062】また、平面バッファ44から円形フレームバッファ50に画像情報の転送を行う場合に、各区分領域の頂点によって指定された内部の領域について線形補間を行う際には、テクスチャマッピングの処理を行うハードウェアの機能を使用することができることなどが

を結ぶ直線とx軸とのなす角度をφとする。この角度Φと角度φは等しい。ここで、cos φ、sin φは、以下の式で表すことができる。

【0057】

【数3】

$$\cos \phi = \frac{x_d}{\sqrt{x_d^2 + y_d^2}}$$

$$\sin \phi = \frac{y_d}{\sqrt{x_d^2 + y_d^2}}$$

【0058】点F(X, Y)は、投影面S上の点Pd(xd, yd, zd)の各軸の座標値を用いて次式のように表すことができる。

【0059】

【数4】

…(4)

…(5)

ら、処理時間(転送時間)の短縮とコストの削減等が可能となる。

【0063】(2)投影位置のみを球面スクリーン4の球心からずらした場合

ところで、上述した説明では、視点位置Peと投影位置Prを球面スクリーン4の球心に一致させた場合を考えたが、実際には、このような位置関係を実現することは難しい。実用的な幾何学的配置を考えた場合に、球面スクリーン4を用いることによる臨場感の高いゲーム画像をプレーヤに見せようとすると、プレーヤの視点位置を球面スクリーン4の球心近傍に設定することが望ましい。したがって、この場合には投影位置Prを球面スクリーン4の球心からずらして設定する必要がある。

【0064】図11は、投影位置を球面スクリーン4の球心位置からずらした場合の座標変換処理の概要を示す図である。同図に示す座標軸は、上述した図10に示したものと同一である。投影位置Pr(xr, yr, zr)は、球面スクリーン4の球心以外の所定位置(例えば、プレーヤの頭上等)に設定されている。また、円形フレームバッファ50については、その原点が投影位置Prに対応付けられるため、上述した(1)の場合における座標軸の表示(図9参照)と区別するために、原点をO'とし、水平方向に沿った軸をX'軸、垂直方向に沿った軸をY'軸と表すことにする。

【0065】上述した(1)で説明したように、球面スクリーン4の球心に対応する原点oの位置に視点位置 P_e を一致させた場合には、ゲーム空間内の点 $P_p(x_p, y_p, z_p)$ は、投影面S上における点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ として見えることになる。すなわち、任意の投影位置 P_r から球面スクリーン4上の点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ に投影してやれば、その点は、視点位置 P_e からはゲーム空間内の点 $P_p(x_p, y_p, z_p)$ として認識されることになる。

【0066】したがって、任意の投影位置 P_r に対応して、上述した(1)に示した手順と同様な座標変換処理を点 P_d に対して行えば、投影位置 P_r から点 P_d に投影

$$\theta' = \cos^{-1} \left(\frac{z_d - z_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2 + (z_d - z_r)^2}} \right) \quad \dots(6)$$

【0069】また、円形フレームバッファ50上の原点 O' と点 $F'(X', Y')$ を結ぶ直線と X' 軸とのなす角度を Φ' とし、図10において、点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ の $x'y'$ 平面への写像点 $P_d''(x_d - x_r, y_d - y_r, 0)$ と点 P_r を結ぶ直線と x' 軸とのなす角度を ϕ' とすると、これらの角度 Φ' および ϕ' は等しくなる。ここで、 $\cos \phi'$ 、 $\sin \phi'$ は、以下の式で表すことができる。

【0070】

【数6】

$$\cos \phi' = \frac{x_d - x_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2}}$$

$$\sin \phi' = \frac{y_d - y_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2}}$$

$$\begin{aligned} X' &= \frac{\theta'}{\pi/2} \times R \times \cos \Phi' \\ &= \frac{\theta'}{\pi/2} \times R \times \cos \phi' \\ &= \frac{2R}{\pi} \times \cos^{-1} \left(\frac{z_d - z_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2 + (z_d - z_r)^2}} \right) \\ &\quad \times \frac{x_d - x_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2}} \end{aligned} \quad \dots(7)$$

$$\begin{aligned} Y' &= \frac{\theta'}{\pi/2} \times R \times \sin \Phi' \\ &= \frac{\theta'}{\pi/2} \times R \times \sin \phi' \\ &= \frac{2R}{\pi} \times \cos^{-1} \left(\frac{z_d - z_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2 + (z_d - z_r)^2}} \right) \\ &\quad \times \frac{y_d - y_r}{\sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2}} \end{aligned} \quad \dots(8)$$

【0073】したがって、ゲーム空間内に配置された三次元オブジェクトを構成する各ポリゴンの頂点 $P_p(x_p, y_p, z_p)$ がわかっているときに、対応する円

する場合に必要な円形フレームバッファ50上の点 $F'(X', Y')$ を求めることができる。ただし、投影位置 P_r を原点oからずらした場合の x' 軸、 y' 軸、 z' 軸は、元の x 軸、 y 軸、 z 軸を平行移動したものであり、軸回りの回転はないものとする。また、 $x_r^2 + y_r^2 + z_r^2 < r^2$ を満たす範囲(原点oから半径 r 以下)で投影位置 P_r が設定されているものとする。

【0067】図11において、投影位置 P_r と点 P_d を結ぶ直線と z' 軸とのなす角度を θ' とすると、角度 θ' は、次式により表される。

【0068】

【数5】

【0071】また、投影面S上の点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ の座標値は、上述した(1)～(3)式に基づいて求められる。点 $F'(X', Y')$ は、投影面S上の点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ および投影位置 $P_r(x_r, y_r, z_r)$ の各座標値を用いて次式のように表すことができる。

【0072】

【数7】

形フレームバッファ50上の格納位置を計算するために、対応座標設定部46は、まず、頂点 $P_p(x_p, y_p, z_p)$ の座標値を上述した(1)～(3)式に代入

することにより、投影面S上の点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ の座標を計算する。その後、対応座標設定部46は、この計算によって得られた点 $P_d(x_d, y_d, z_d)$ の座標値を上述した(7)式および(8)式に代入して、円形フレームバッファ50上の点 $F'(X', Y')$ の座標を計算する。

【0074】このようにして平面S1～S5のそれぞれを構成する区分領域の各頂点に対応する円形フレームバッファ50上の格納座標が取得される。特に、このようにして行われる座標の計算は、視点位置や投影位置を用いて正確に行われているため、投影位置を任意の位置へ移動した場合においても、視点位置から見たときに理論上歪みのない正確なゲーム画像を球面スクリーン4上に投影するために必要な円形フレームバッファ50上の格納座標を得ることができる。

【0075】なお、上述した図11では、説明の都合上、投影位置 P_r は $z_r \geq 0$ の領域に描かれていたが、実際には、レンズ3の投影角が180度であるため、球面スクリーン4の全体にゲーム画像を表示するために、投影位置 P_r は、 $z_r \leq 0$ の範囲で設定することが望ましい。

【0076】また、本実施形態のレンズ3として用いている魚眼レンズは、一般的には、焦点深度が深い、フォーカスが合っている範囲が広いという特徴がある。このため、投影位置をずらした場合においても、球面スクリーン4に表示されるゲーム画像は、全体がほぼフォーカスが合っている状態になる。

【0077】(3) 視点位置、投影位置の両方を球面スクリーン4の球心からずらした場合

ところで、上述した(2)における説明では、投影位置 P_r が球面スクリーン4の球心位置からずれた位置に設定される場合について説明していたが、実際には、プレーヤの視点位置 P_e も、球面スクリーン4の球心位置からずらしたい場合がある。以下では、視点位置および投影位置の両方を球面スクリーン4の球心位置からずらして設定した場合について説明する。

【0078】いままでは、視点が球面スクリーン4の球心位置にある場合を考えていたが、視点が移動した場合には、球面スクリーン4と視点と平面S1～S5との関係に変化が生じる。視点が球面スクリーン4の球心位置にある場合、平面S1～S5は、この球心位置を基点として球面スクリーン4に外接するものとして考えたが、

$$\frac{x - x_e}{x_p - x_e} = \frac{y - y_e}{y_p - y_e} = \frac{z - z_e}{z_p - z_e}$$

【0084】と、球の方程式 $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ で表される球面スクリーン4との交点を $P_d(x_d, y_d, z_d)$ とし、この点 P_d と投影点 $P_r(x_r, y_r, z_r)$ との関係から円形フレームバッファ50上の点 $F(X, Y)$ を導き出すことができる。この計算式については、視点 P

視点が移動している場合には、視点を基点(中心)とした平面S1～S5を考えるものとする。

【0079】図12は、視点が球面スクリーン4の球心位置からずれた場合の球面スクリーン4と平面S1～S5との位置関係を示す図である。球面スクリーン4の球心位置にゲーム空間の原点 o が設定されている。視点 $P_e(x_e, y_e, z_e)$ が原点 o から移動している場合(図12では、 x 軸に沿って正方向、 y 軸に沿って負方向、 z 軸に沿って負方向に視点 P_e が移動している)は、図12に示すような視点 P_e を中心とした平面S1～S5を想定する。これらの平面S1～S5は、視点 P_e が球面スクリーン4の球心位置にあった場合に設定された平面S1～S5を、ちょうど視点 P_e を移動した場合の各軸要素分だけ平行移動したものと考えればよい。この処理自体は、視点が原点 o にある場合と同じである。

【0080】次に、ゲーム空間内の任意の位置 P_r と円形フレームバッファ50上の点 F との関係式を用いて、平面S1～S5を構成する各区分領域の頂点の座標変換が行われる。このとき、平面S1～S5は、上述したように原点 o から視点 P_e の移動分だけ平行移動していると考えられるので、各面の方程式もその分変わっていることに気を付ける必要がある。

【0081】平面S1: $z = r + z_e$

(但し、 $-r + x_e \leq x \leq r + x_e$ 、 $-r + y_e \leq y \leq r + y_e$)

平面S2: $y = r + y_e$

(但し、 $-r + x_e \leq x \leq r + x_e$ 、 $z_e \leq z \leq r + z_e$)

平面S3: $x = r + x_e$

(但し、 $-r + y_e \leq y \leq r + y_e$ 、 $z_e \leq z \leq r + z_e$)

平面S4: $x = -r + x_e$

(但し、 $-r + y_e \leq y \leq r + y_e$ 、 $z_e \leq z \leq r + z_e$)

平面S5: $z = -r + y_e$

(但し、 $-r + x_e \leq x \leq r + x_e$ 、 $z_e \leq z \leq r + z_e$)

図13は、視点位置および投影位置を球面スクリーン4の球心位置からずらした場合の座標変換処理の概要を示す図である。

【0082】例えば、平面S1を構成する区分領域の一つの頂点 $P_p(x_p, y_p, z_p)$ と視点 $P_e(x_e, y_e, z_e)$ とを結ぶ直線の方程式

【0083】

【数8】

…(9)

e が原点 o にある場合と同様である。

【0085】このようにして平面S1～S5のそれぞれを構成する区分領域の各頂点に対応する円形フレームバッファ50上の対応座標が取得される。特に、このようにして行われる座標の計算は、視点位置や投影位置を用

いて正確に行われているため、視点位置や投影位置を任意の位置へ移動した場合においても、視点位置から見たときに理論上歪みのない正確なゲーム画像を球面スクリーン4上に投影するために必要な円形フレームバッファ50上の射影位置を得ることができる。

【0086】なお、上述した図13においても、説明の都合上、投影位置 P_r は $z_r \geq 0$ の領域に描かれていたが、上述した(2)の場合と同様の理由により、実際の投影位置 P_r は、 $z_r \leq 0$ の範囲で設定することが望ましい。このように、本実施形態のゲームシステムでは、三次元オブジェクトの画像情報を、一旦球面スクリーン4に外接する5つの平面 $S1 \sim S5$ 上に投影して平面バッファ44に格納した後、この平面バッファ44に格納された画像情報をテクスチャマッピングの手法を用いて円形フレームバッファ50に転送している。このような平面 $S1 \sim S5$ への透視投影変換処理や、円形フレームバッファ50への転送処理においては、視点位置や投影位置が考慮されており、視点位置から見た場合の三次元オブジェクトの形状が正確に再現されており、球面スクリーン4に投影される画像の歪みを低減することができる。

【0087】特に、三次元オブジェクトを平面 $S1 \sim S5$ のそれぞれに投影する処理は、従来のゲームシステムやコンピュータグラフィックス等の分野で多用されている計算手法や専用のハードウェア等を利用することができるため、この部分の処理の高速化が可能になるとともに、この部分の開発の手間を低減することによるコストダウンが可能になる。

【0088】また、画像情報転送処理部45による処理も、平面バッファ44をテクスチャメモリとして用いる通常のテクスチャマッピング処理であり、しかも平面 $S1 \sim S5$ のそれぞれを構成する各区分領域の頂点の座標は固定であり、最初に計算した結果を次回から用いたり、あらかじめ計算をしておいた値が格納されている座標テーブルなどを用いることができるため、その都度頂点座標を計算する必要がなく、処理の高速化が可能になる。

【0089】また、三次元オブジェクトの画像情報を投影する平面の数を5とすることにより、視点 P_e の前方の全周囲を確実にこれらの平面でカバーすることが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報を円形フレームバッファ50に確実に転送することができる。

【0090】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内において種々の変形実施が可能である。例えば、投影位置 P_r を球面スクリーン4の球心位置からずらして設定する場合には、投影位置 P_r から球面スクリーン4上の位置 P_d (あるいは P_d')までの距離を考慮して、円形フレームバッファ50に格納する画像情報に対して明るさ補正を行うよう

にしてもよい。

【0091】図14は、明るさ補正を行う変形例について説明する図であり、球面スクリーン4の断面を簡略化した様子が示されている。投影位置 P_r が球面スクリーン4の球心位置 Q からずれている場合には、投影位置 P_r から球面スクリーン4上の任意の位置までの距離は等距離ではなくなる。例えば、図14に示すように、投影位置 P_r から球面スクリーン4上のある点 P_{d1} までの距離 $D1$ と別の点 P_{d2} までの距離 $D2$ とは大きく異なることになる。投影位置 P_r から照射された光(ゲーム画像を構成する各画素に対応する光)の強度、すなわち明るさは、距離の2乗に反比例するため、球面スクリーン4上に表示されるゲーム画像の明るさには偏りが生じることとなる。

【0092】したがって、例えば、投影位置 P_r から球面スクリーン4上の位置までの距離の2乗に反比例する所定の係数を設定し、これを円形フレームバッファ50に格納される画像情報に対して乗算すれば、画像情報の明るさの補正を行うことができる。これにより、ゲーム画像の明るさの偏りを軽減し、より質の高いゲーム画像を投影することができるようになる。

【0093】また、より簡便な方法としては、例えば、投影位置 P_r から球面スクリーン4上の位置までの距離に反比例する所定の係数を設定し、これを円形フレームバッファ50に格納される画像情報に対して乗算するようにしてもよい。この場合には、ゲーム画像の明るさの偏りがある程度軽減することができるとともに、明るさ補正に要する計算量を低減することができる。また、投影角度も投影位置から球面スクリーン4上に投影された位置までの距離と所定の相関を有するため、距離の代わりに投影角度を用いて明るさ補正を行うようにしてもよい。なお、上述したような明るさ補正処理は、画像情報転送処理部45によって行う場合や、明るさ補正を行う補正処理部を新たに追加して行わせる場合等が考えられる。

【0094】また、上述した実施形態では、曲面スクリーンの一種である球面スクリーンに画像を投影する場合を説明したが、ゲーム空間内に配置された三次元オブジェクトを視点位置から見たときに、曲面スクリーン上に投影された位置が計算によって得られる場合には、球面以外の曲面スクリーンに画像を表示する場合に本発明を適用することができる。例えば、楕円を回転させた回転体を半分に切断した投影面を有する曲面スクリーンに画像を投影するようにしてもよい。このような曲面スクリーンを用いた場合であっても、平面 $S1 \sim S5$ のそれぞれを構成する各区分領域の頂点に対応する円形フレームバッファ50上の座標を取得することにより、平面バッファ44から読み出した画像情報を円形フレームバッファ50の対応領域に転送することができる。

【0095】また、上述した実施形態では、本発明を

ームシステムに適用した場合の例について説明してきたが、三次元オブジェクトを用いた三次元画像を曲面スクリーンに投影する各種の装置に本発明を適用することができる。例えば、三次元オブジェクトを用いてプレゼンテーションを行う装置や、フライトシミュレータ等の各種のシミュレータ装置などに本発明を適用することができる。

【0096】また、上述した実施形態では、図2に示したように、球面スクリーン4の投影面Sに外接する5つの平面S1～S5にゲーム空間内に配置された三次元オブジェクトの画像を投影する場合を考えたが、これらの平面S1～S5は、必ずしも投影面Sに外接する必要はなく、内接する場合や、原点oからの距離がその他の任意の値を有する5つの平面S1～S5を用いるようにしてもよい。また、上述した実施形態では、隣接するもの同士が互いに垂直な5つの平面S1～S5を考えたが、垂直以外の角度で交わるようにしてもよい。この場合に、平面の数は5以外であってもよい。

【0097】図15～図18は、三次元オブジェクトの画像の投影を4つの平面を用いて行う場合の具体例を示す図であり、上述した図2、図5～図7のそれぞれに対応している。図15には、平面処理部41による投影処理に用いられる4つの仮想的な平面S1、S2、S3、S4が示されている。これら4つの平面S1～S4は、球面スクリーン4を含む球（あるいはこれと相似形の球）に外接し、かつ隣接する面同士が互いに直角に交わっている。この中で、2つの平面S1、S2が正方形形状を有しており、残りの2つの平面S3、S4が直角二等辺三角形形状を有している。図16には、仮想的な4つの平面S1～S4のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例が示されている。また、図17には平面バッファ44に格納された画像情報と、4つの平面S1～S4を構成する区分領域との対応関係が示されている。図18には、円形フレームバッファ50と4つの平面S1～S4の各区分領域との対応関係が示されている。

【0098】このように、4つの仮想的な平面S1～S4を用いた場合であっても球面スクリーン4の全体をカバーすることができるため、視点の前方の全周囲を確実にこれらの平面でカバーすることが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報を円形フレームバッファ50に確実に転送することができる。特に、仮想的な複数の平面の数を「5」よりも1つ少ない「4」とすることにより、透視投影変換処理部42による透視投影変換の対象となる平面数を減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間の短縮が可能になる。

【0099】図19～図22は、三次元オブジェクトの画像の投影を3つの平面を用いて行う場合の具体例を示す図であり、上述した図2、図5～図7のそれぞれに対応している。図19には、平面処理部41による投影処

理に用いられる3つの仮想的な平面S1、S2、S3が示されている。これら3つの平面S1～S3は、球面スクリーン4を含む球（あるいはこれと相似形の球）に外接し、かつ隣接する面同士が互いに直角に交わっている。この中で、2つの平面S1、S2が長方形形状を有しており、残りの1つの平面S3が直角二等辺三角形形状を有している。図19に示した2つの平面S1、S2は、図15に示した2つの平面S1、S2の一方方向（図16に示した平面S4の方向）を延長したものであり、図19では図16に示した平面S4が取り除かれている。図20には、仮想的な3つの平面S1～S3のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例が示されている。また、図21には平面バッファ44に格納された画像情報と、3つの平面S1～S3を構成する区分領域との対応関係が示されている。図22には、円形フレームバッファ50と3つの平面S1～S3の各区分領域との対応関係が示されている。

【0100】このように、3つの仮想的な平面S1～S3を用いた場合であっても球面スクリーン4のほぼ全体をカバーすることができるため、視点の前方の全周囲をほぼ確実にこれらの平面でカバーすることが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報を円形フレームバッファ50にほぼ確実に転送することができる。特に、仮想的な複数の平面の数を「5」あるいは「4」よりも少ない「3」とすることにより、透視投影変換処理部42による透視投影変換の対象となる平面数をさらに減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間のさらなる短縮が可能になる。なお、図22に示すように、円形に近い多角形領域の一部に画像情報が転送されない領域が生じるが、プレーヤの視界に入りにくい部分が球面スクリーン4の一部に存在する場合や、何らかの都合により球面スクリーン4の一部に画像を投影しなくてもよい場合（例えば球面スクリーン4に投影された画像を見るプレーヤの足下スペースを確保するために一部を切り欠いた球面スクリーン4を用いる場合）などには、図20に示したような3つの平面S1～S3を用いたために投影画像の一部が欠けてしまう不都合を実質的に回避することができる。

【0101】図23～図26は、三次元オブジェクトの画像の投影を3つの平面を用いて行う場合の他の例を示す図であり、上述した図2、図5～図7のそれぞれに対応している。図23には、平面処理部41による投影処理に用いられる3つの仮想的な平面S1、S2、S3が示されている。これら3つの平面S1～S3は、三角錐形状の底面を除く各面に対応しており、球面スクリーン4を含む球（あるいはこれと相似形の球）に外接し、かつ隣接する面同士が互いに直角に交わっている。3つの平面S1～S3は、それぞれが二等辺三角形形状を有している。図24には、仮想的な3つの平面S1～S3のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例が示されて

いる。また、図 25 には平面バッファ 44 に格納された画像情報と、3つの平面 S1～S4 を構成する区分領域との対応関係が示されている。図 26 には、円形フレームバッファ 50 と 3つの平面 S1～S3 の各区分領域との対応関係が示されている。

【0102】このように、各平面の配置と形状を工夫することにより、3つの仮想的な平面 S1～S3 を用いた場合であっても球面スクリーン 4 の全体をカバーすることができるため、視点の前方の全周囲を確実にこれらの平面でカバーすることが可能になり、視野方向の三次元オブジェクトに対応する画像情報を円形フレームバッファ 50 に確実に転送することができる。

【0103】図 27 は、三次元オブジェクトの画像の投影を 2つの平面を用いて行う場合の具体例を示す図である。図 27 に示した 2つの平面 S1、S2 は、図 15 に示した 2つの平面 S1、S2 の二方向（図 16 に示した平面 S3、S4 の方向）を延長したものである。このように、2つの平面 S1、S2 を用いた場合であっても、球面スクリーン 4 のほぼ全範囲に画像を投影することができる。特に、仮想的な複数の平面の数を「2」とすることにより、透視投影変換処理部 42 による透視投影変換の対象となる平面数をさらに減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間の大幅な短縮が可能になる。なお、この場合には、円形に近い多角形領域の 2箇所に画像情報が転送されない領域が生じるが、プレーヤの視界に入りにくい部分が球面スクリーン 4 の一部に存在する場合や、何らかの都合により球面スクリーン 4 の一部に画像を投影しなくてもよい場合などには、図 27 に示したような 2つの平面 S1、S2 を用いたために投影画像の一部が欠けてしまう不都合を実質的に回避することができる。

【0104】また、極端な場合として、図 2 に示した 1つの平面 S5 のみ、あるいはこの平面 S5 の面積を拡大した平面 S5' のみを用いるようにしてもよい。この場合には、球面スクリーン 4 の全範囲に画像を投影することはできないが、球面スクリーン 4 の一部に対して歪みが少ない画像を投影することができる。特に、仮想的な複数の平面の数を「1」とすることにより、透視投影変換処理部 42 による透視投影変換の対象となる平面数をさらに減らすことができ、透視投影変換に要する処理時間の大幅な短縮が可能になる。

【0105】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、三次元オブジェクトを仮想的な複数の平面に透視投影変換して画像情報を平面バッファに格納した後に、この画像情報を区分領域毎にフレームバッファに転送しており、仮想的な平面と曲面スクリーンとの間の固定化された位置関係を考慮して、歪みがなくなるようにフレームバッファに画像情報を格納して歪み補正を行うことが可能になり、曲面スクリーンに歪みの少ない画像を投影すること

ができる。また、区分領域の頂点によって指定された内部の領域について線形補間を行う場合には、テクスチャマッピングの処理を行うハードウェアの機能を使用することができることなどから、処理時間（転送時間）の短縮とコストの削減等が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】一実施形態のゲームシステムの構成を示す図である。

【図 2】平面処理部による投影処理に用いられる仮想的な平面を示す図である。

【図 3】透視投影変換の具体例を示す図である。

【図 4】透視投影変換の具体例を示す図である。

【図 5】仮想的な 5つの平面 S1～S5 のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例を示す図である。

【図 6】平面バッファに格納された画像情報と各平面を構成する区分領域との対応関係を示す図である。

【図 7】円形フレームバッファ内における各区分領域との対応関係を示す図である。

【図 8】本実施形態のゲームシステムの動作手順の概要を示す流れ図である。

【図 9】円形フレームバッファの描画範囲を示す図である。

【図 10】座標変換処理の概要を示す図である。

【図 11】投影位置を球面スクリーン 4 の球心位置からずらした場合の座標変換処理の概要を示す図である。

【図 12】視点が球面スクリーンの球心位置からずれた場合の球面スクリーンと平面 S1～S5 との位置関係を示す図である。

【図 13】視点位置および投影位置を球面スクリーンの球心位置からずらした場合の座標変換処理の概要を示す図である。

【図 14】明るさ補正を行う変形例について説明する図である。

【図 15】三次元オブジェクトの画像の投影を 4つの平面を用いて行う場合の仮想的な平面を示す図である。

【図 16】仮想的な 4つの平面 S1～S4 のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例を示す図である。

【図 17】平面バッファに格納された画像情報と各平面を構成する区分領域との対応関係を示す図である（4面）。

【図 18】円形フレームバッファ内における各区分領域との対応関係を示す図である（4面）。

【図 19】三次元オブジェクトの画像の投影を 3つの平面を用いて行う場合の仮想的な平面を示す図である。

【図 20】仮想的な 3つの平面 S1～S3 のそれぞれに対応する複数の区分領域の具体例を示す図である。

【図 21】平面バッファに格納された画像情報と各平面を構成する区分領域との対応関係を示す図である（3面）。

【図 22】円形フレームバッファ内における各区分領域

との対応関係を示す図である（3面）。

【図23】三次元オブジェクトの画像の投影を3つの平面を用いて行う場合の他の例の場合の仮想的な平面を示す図である。

【図24】仮想的な3つの平面S1～S3のそれぞれに対応する複数の区分領域の他の具体例を示す図である。

【図25】平面バッファに格納された画像情報と各平面を構成する区分領域との対応関係の他の例を示す図である（3面）。

【図26】円形フレームバッファ内における各区分領域との対応関係の他の例を示す図である（3面）。

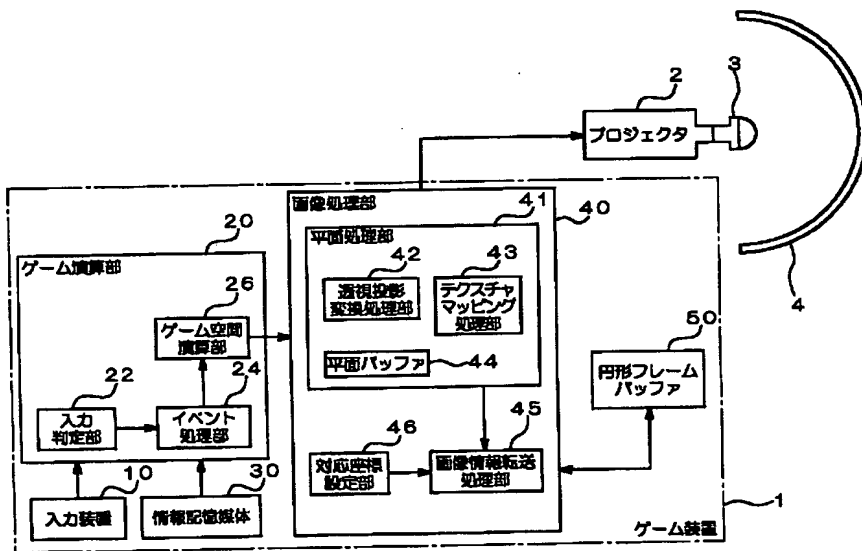
【図27】三次元オブジェクトの画像の投影を2つの平面を用いて行う場合の仮想的な平面を示す図である。

【符号の説明】

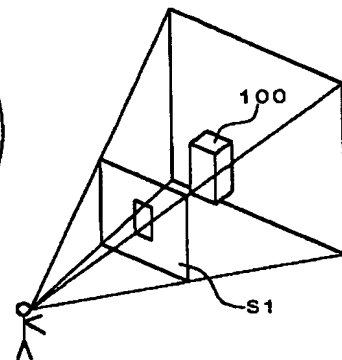
- 1 ゲーム装置
- 2 プロジェクタ

- 3 レンズ
- 4 球面スクリーン
- 10 入力装置
- 20 ゲーム演算部
- 22 入力判定部
- 24 イベント処理部
- 26 ゲーム空間演算部
- 30 情報記憶媒体
- 40 画像処理部
- 41 平面処理部
- 42 透視投影変換処理部
- 43 テクスチャマッピング処理部
- 44 平面バッファ
- 45 画像情報転送処理部
- 46 対応座標設定部
- 50 円形フレームバッファ

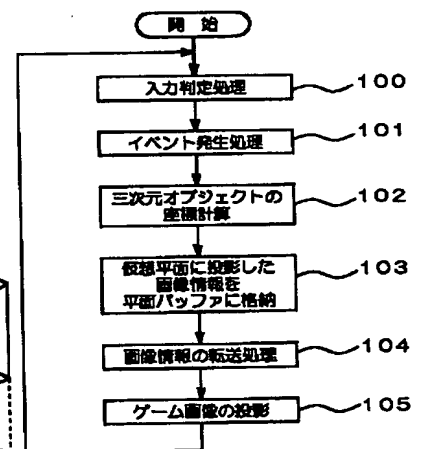
【図1】



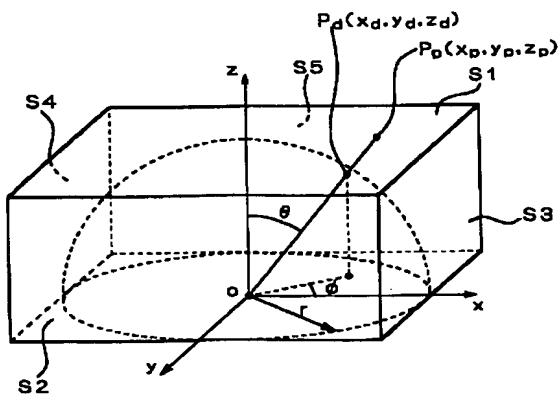
【図3】



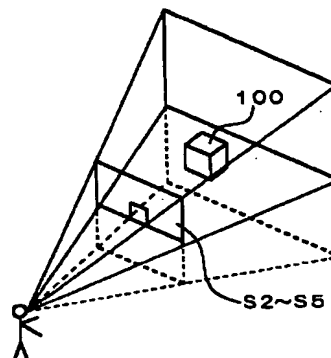
【図8】



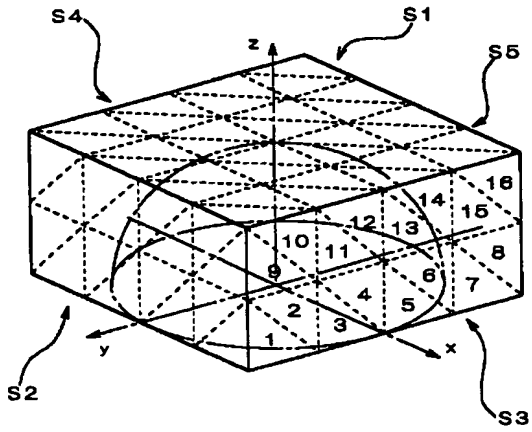
【図2】



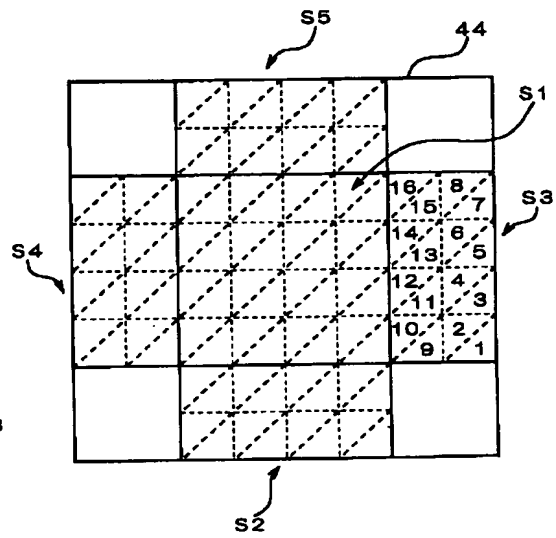
【図4】



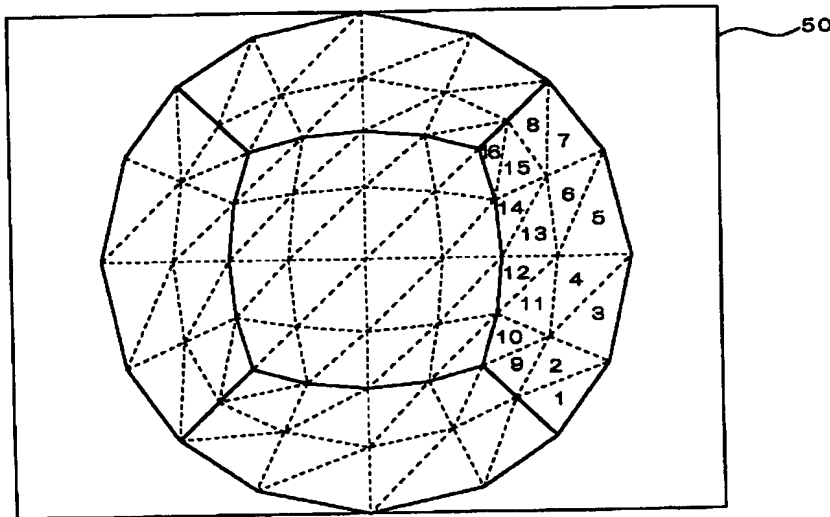
【図 5】



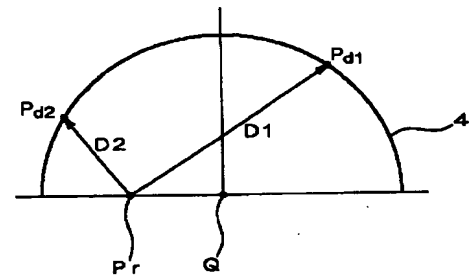
【図 6】



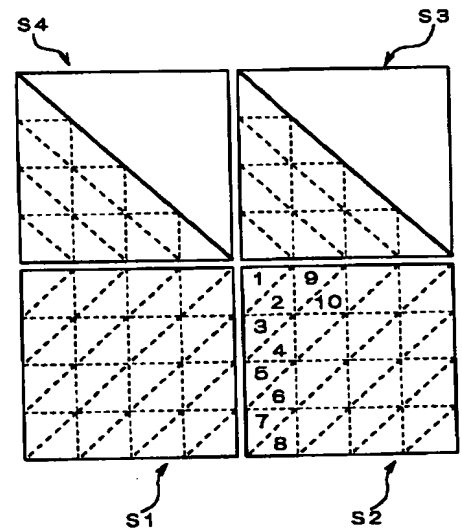
【図 7】



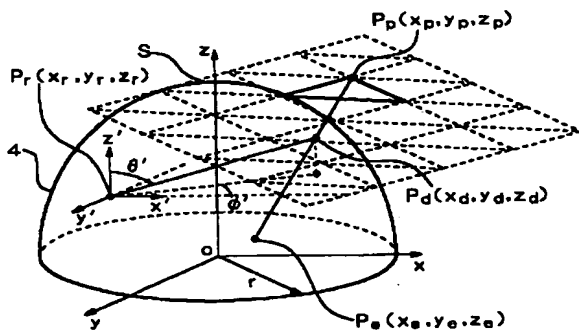
【図 14】



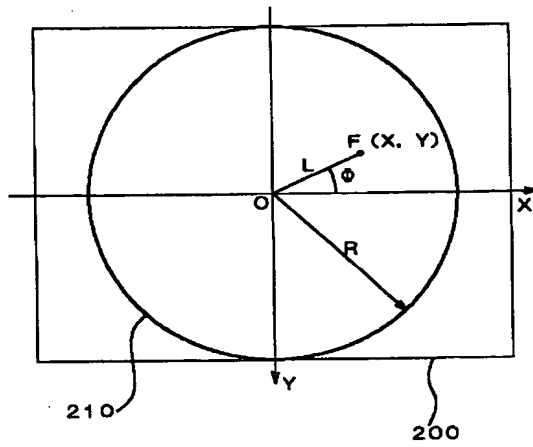
【図 17】



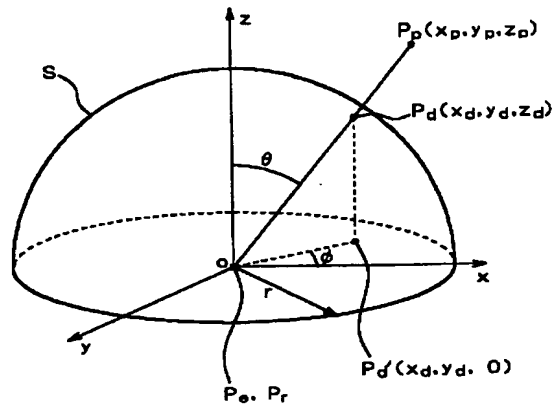
【図 13】



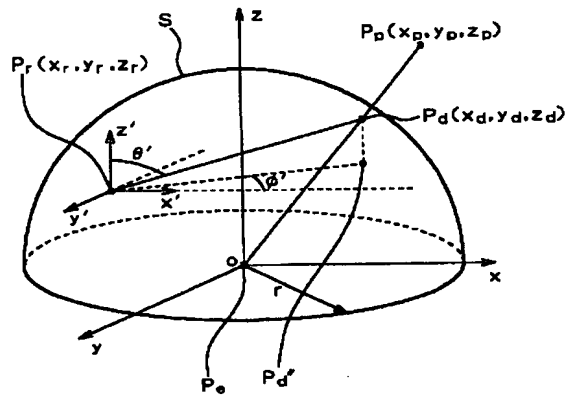
【図 9】



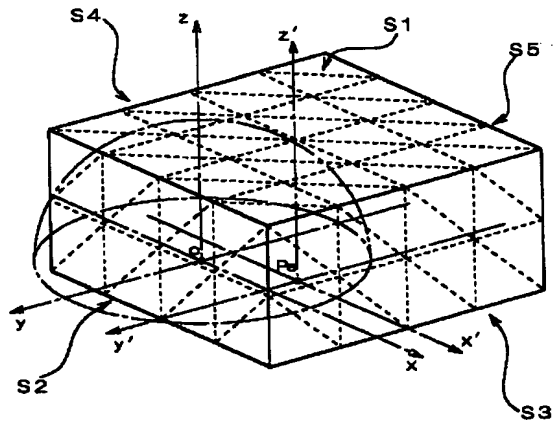
【図 10】



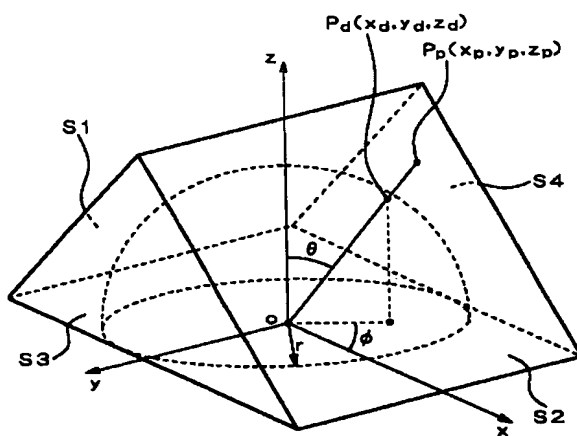
【図 11】



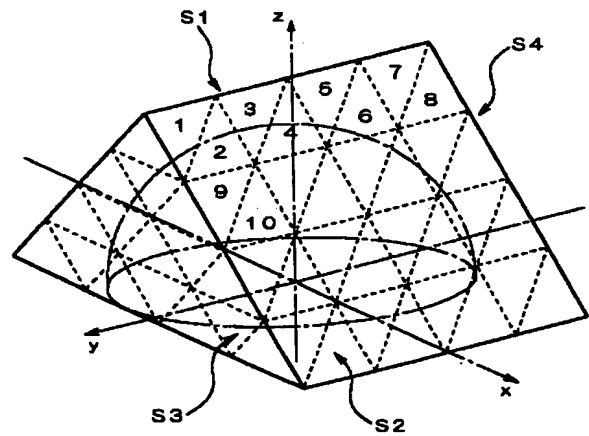
【図 12】



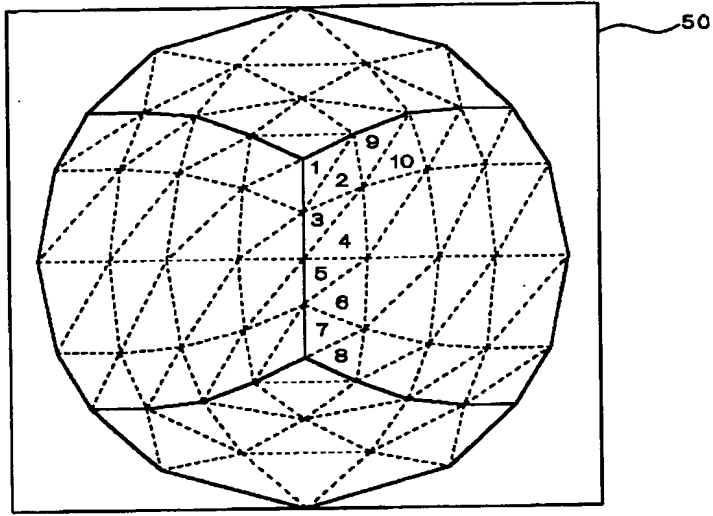
【図 15】



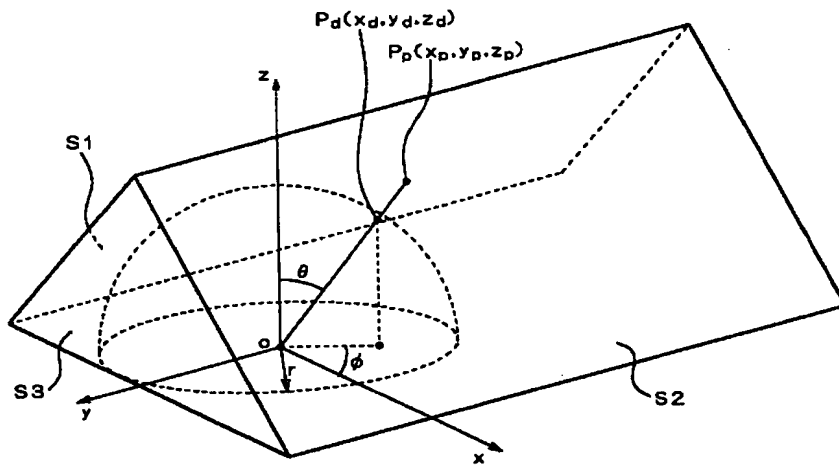
【図 16】



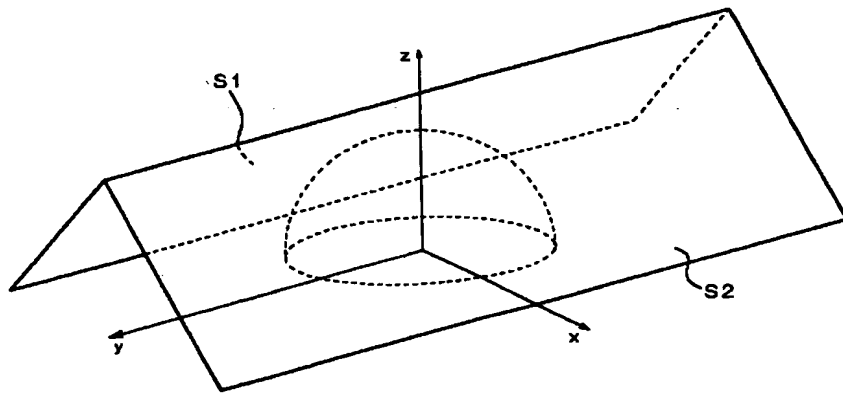
【图 18】



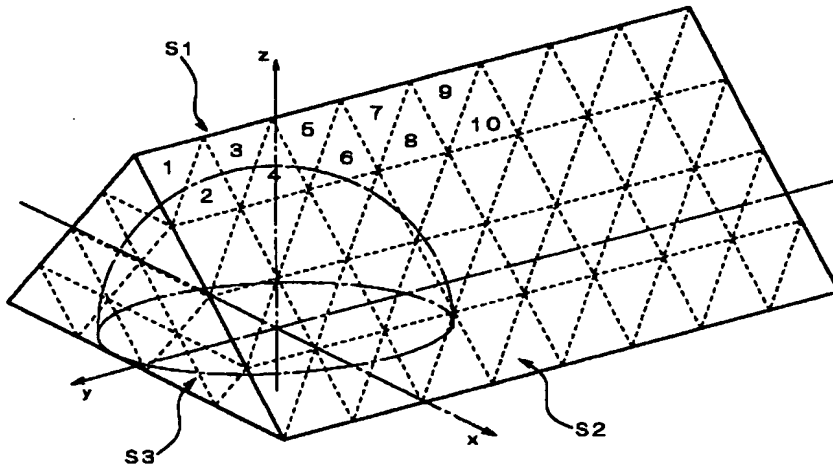
【图 19】



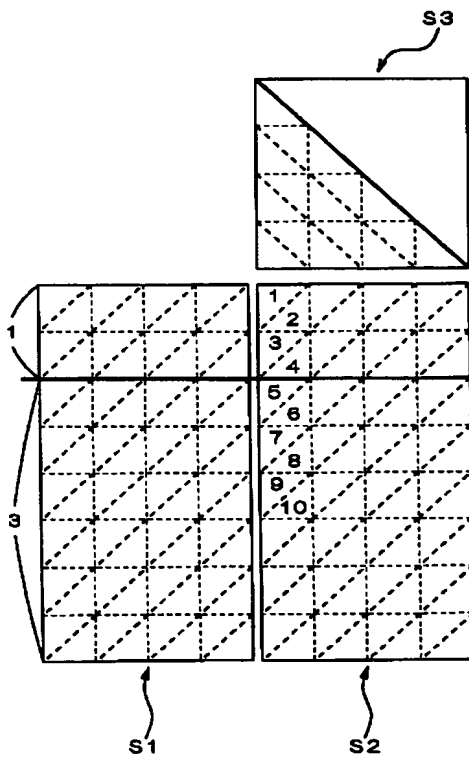
【图 27】



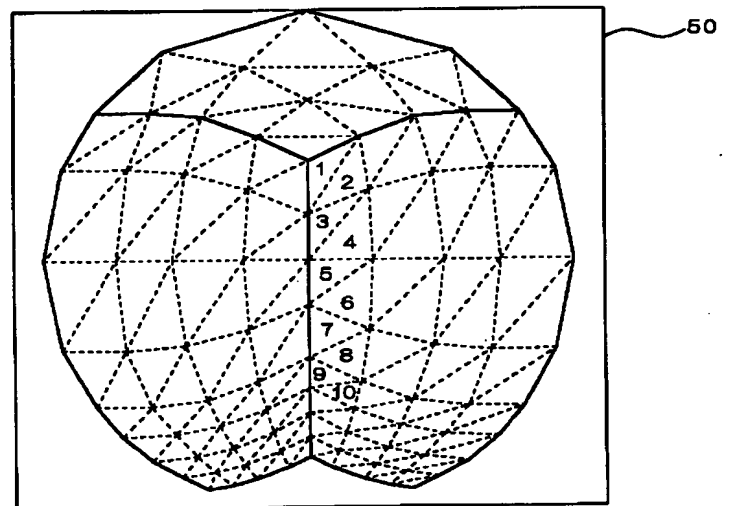
【図 20】



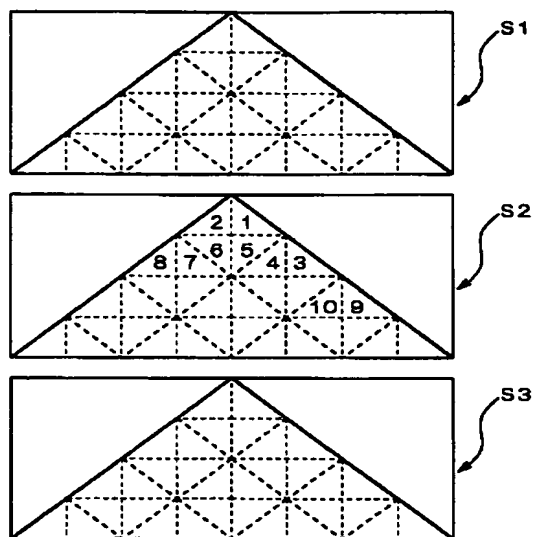
【図 21】



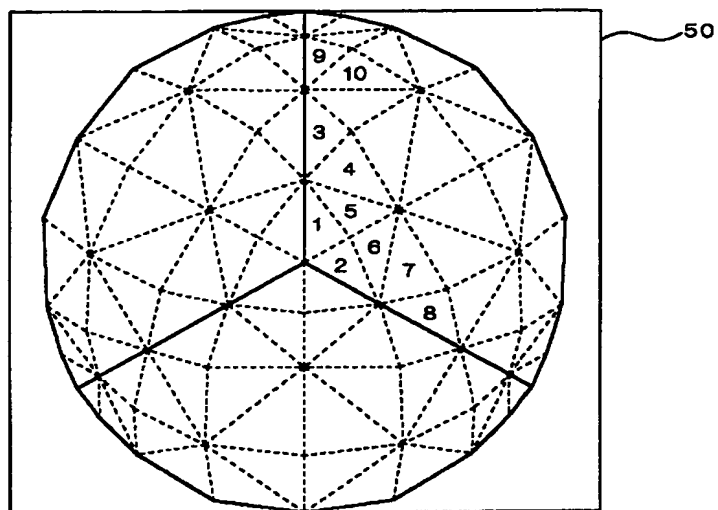
【図 22】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2K103 AA28 AB08 BB06 BB07 BC23
 CA02 CA72
 5B050 AA09 BA09 BA10 BA11 EA27
 FA02
 5B057 AA20 CA13 CB13 CD12 CH01
 CH11 DA16
 5C058 BA27 BB11 EA12 EA33
 5C082 BA12 BA46 CA32 CA52 CA85
 CB03 DA42 DA86 MM10